

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

---

УТВЕРЖДЕНО

решением президиума Ученого совета ННГУ

протокол № 1 от 16.01.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Концепции современного естествознания

---

Уровень высшего образования

Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность

02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы

Инженерия программного обеспечения

---

Форма обучения

очная

---

г. Нижний Новгород

2024 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.О.21 Концепции современного естествознания относится к обязательной части образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ОПК-1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности	ОПК-1.1: Способен применять фундаментальные знания, полученные в области математических и (или) естественных наук, и использовать их в профессиональной деятельности ОПК-1.2: Умеет осуществлять первичный сбор и анализ материала, интерпретировать различные математические объекты ОПК-1.3: Уметь применять базовые знания естественных наук, математики и информатики; используя базовые естественнонаучные законы и концепции строить и исследовать математические модели различных эволюционных процессов в виде дифференциальных и разностных уравнений; определять и профессионально реализовывать необходимые для решения прикладных задач вычислительные алгоритмы, анализировать полученные результаты	ОПК-1.1: Знать понятия динамической системы, ее состояния и оператора, фазового пространства, фазовой траектории, фазового портрета, состояния равновесия, предельного цикла, бифуркации; методы качественного исследования динамических систем, как то: анализ устойчивости состояний равновесия, метод точечных отображений и диаграмма Ламерея. основные свойства линейного осциллятора, понятие о его собственных и вынужденных колебаниях, амплитудно-фазовой частотной характеристике; базовые алгоритмы вычислительной математики и методы их компьютерной реализации для решения прикладных естественнонаучных задач.  ОПК-1.2: Уметь применять базовые знания естественных наук, математики и информатики; используя базовые естественнонаучные законы и концепции строить и	Контрольная работа Тест	Зачёт: Контрольные вопросы Задачи

		<p>исследовать математические модели различных эволюционных процессов в виде дифференциальных и разностных уравнений; определять и профессионально реализовывать необходимые для решения прикладных задач вычислительные алгоритмы, анализировать полученные результаты</p> <p>ОПК-1.3: Владеть методикой построения фазовых портретов (и/или диаграмм Ламерея) динамических систем; методикой построения АФЧХ для линейных систем; основными приемами проведения математических доказательств; методами теоретического и численного исследования динамических систем; принципами построения и выбора эффективных численных методов</p>		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	<b>очная</b>
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	<b>2</b>
<b>Часов по учебному плану</b>	<b>72</b>
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	32
- КСР	1
самостоятельная работа	7
Промежуточная аттестация	0
	<b>Зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Раздел 1	8	4	4	8	0
Раздел 2	9	4	4	8	1
Раздел 3	13	6	6	12	1
Раздел 4	5	2	2	4	1
Раздел 5	9	4	4	8	1
Раздел 6	5	2	2	4	1
Раздел 7	5	2	2	4	1
Раздел 8	9	4	4	8	1
Раздел 9	8	4	4	8	0
Аттестация	0				
КСР	1				1
Итого	72	32	32	65	7

### Содержание разделов и тем дисциплины

Раздел 1. Введение. Математическая модель и динамические системы. Экспоненциальные процессы.

Раздел 2. Балансовые динамические модели.

Раздел 3. Линейный осциллятор. Электромеханические аналогии и уравнения Лагранжа.

Раздел 4. Модели сосуществования.

Раздел 5. Автоколебания и метод точечных отображений.

Раздел 6. Марковские процессы

Раздел 7. Игровые модели.

Раздел 8. Управляемые динамические системы.

Раздел 9. Диффузные и волновые процессы.

### 4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Для обеспечения самостоятельной работы обучающихся используются:

- электронный курс "Концепции современного естествознания"

(<https://e-learning.unn.ru/course/view.php?id=6177>).

Иные учебно-методические материалы: Лаптева Татьяна. Математические модели в естествознании : учебное пособие. Ч. 1 / Т. Лаптева, В. П. Савельев ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2022. - 69 с. - Текст : электронный. Постоянная ссылка на документ: <http://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=824349&idb=0>

## **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

#### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольная работа) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:**

##### **Вариант 1**

Задание 1. За какое время вытечет вся вода из сферического сосуда радиуса  $R$ , если у него внизу имеется дырка с эффективным сечением  $Q$ . Записать математическую модель в форме динамической системы.

Задание 2. Исследовать модель сосуществования двух популяций. Определить состояния равновесия, исследовать их устойчивость. Построить фазовый портрет.

$$\begin{aligned}\dot{x} &= x - x^2 - 2xy \\ \dot{y} &= 2y - y^2 - xy\end{aligned}$$

##### **Вариант 2**

Задание 1. За какое время вытечет вся вода из сосуда, имеющего форму правильной четырехугольной усеченной пирамиды с высотой  $H = 1$  m, со стороной верхнего основания  $a = 0,5$  m и стороной нижнего основания  $b = 1$  m, если у него внизу имеется дырка с эффективным сечением  $Q = 5$  cm<sup>2</sup>. Записать математическую модель в форме динамической системы.

Задание 2. Исследовать модель симбиоза двух популяций. Определить состояния равновесия, исследовать их устойчивость. Построить фазовый портрет.

$$\begin{aligned}\dot{x} &= -x + \frac{4xy}{1+y} - 2x^2 \\ \dot{y} &= -2y + \frac{2xy}{1+2x} - y^2\end{aligned}$$

##### **Вариант 3**

Задание 1. За какое время вытечет вся вода из сосуда, имеющего форму правильной четырехугольной усеченной пирамиды с высотой  $H = 1$  m, со стороной верхнего основания  $a = 0,5$  m и стороной нижнего основания  $b = 1$  m, если у него внизу имеется дырка с эффективным сечением  $Q = 5$  cm<sup>2</sup>. Записать математическую модель в форме динамической системы.

Задание 2. Исследовать модель сосуществования двух популяций. Определить состояния равновесия, исследовать их устойчивость. Построить фазовый портрет.

$$\dot{x} = x - x^2 - 5xy$$

$$\dot{y} = 3y - y^2 - 3xy$$

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольная работа)

Оценка	Критерии оценивания
	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.1.2 Типовые задания (оценочное средство - Тест) для оценки сформированности компетенции ОПК-1:

#### Вопрос 1

**Тип вопроса:** одиночный выбор

**Формулировка вопроса:**

Экспоненциальный процесс в общем виде описывается дифференциальным уравнением:

**Варианты ответов:**

- a)  $\dot{x} = \lambda x^2$
- b)  $\dot{x} = \lambda x$
- c)  $\dot{x} = e^{\lambda x}$
- d)  $\dot{x} = \lambda t$
- e)  $\dot{x} = \lambda e^{\lambda t}$

## Вопрос 2

**Тип вопроса:** одиночный выбор

**Формулировка вопроса:**

Чему равно время удвоения или уменьшения вдвое для переменной, изменяющейся по экспоненциальному процессу с параметром ?

**Варианты ответов:**

- a)  $|\lambda| \ln 2$
- b)  $2|\lambda|$
- c)  $|\lambda| e^2$
- d)  $\frac{1}{|\lambda|} \ln 2$
- e)  $\frac{1}{|\lambda| \ln 2}$

## Критерии оценивания (оценочное средство - Тест)

Оценка	Критерии оценивания
	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно»
	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «отлично»
	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «очень хорошо»
	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «хорошо»
	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно», ни одна из

Оценка	Критерии оценивания
	компетенций не сформирована на уровне «плохо»
	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатор достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продemonстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продemonстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач



	ответа		и недочетами	недочетами		недочетов	
--	--------	--	-----------------	------------	--	-----------	--

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

1. Что такое динамическая система, фазовое пространство, фазовая переменная, фазовая траектория, фазовый портрет?
2. Динамическая система. Пространство состояний и оператор. Фазовый портрет.
3. Дифференциальные уравнения как один из способов задания оператора динамической системы. Геометрический смысл дифференциального уравнения. Примеры.
4. Истечение жидкости из сосуда. Простейшая модель. Ограничения применимости.
5. Уточнённая модель истечения жидкости из сосуда. Быстрый процесс разгона и медленный – вытекания. Сопоставление с простейшей моделью.
6. Математическая модель истечения с постоянным притоком. Равновесный режим и его устойчивость.

7. Математическая модель засоления ограниченного водоёма с заливом. Загадки Каспийского моря.
8. Экспоненциальные процессы. Время удвоения и уменьшения вдвое. Явление внезапного кризиса при экспоненциальных процессах.
9. Математические модели радиоактивного распада, гибели и поглощения излучения. Математическая модель торможения и разгона при наличии сопротивления.
10. Модели динамики развития биологической популяции.
11. Математическая модель Вольтерра – Лотки сосуществования хищника и жертвы и её уточнение.
12. Модель сосуществования конкурирующих видов
13. Модель симбиоза.
14. Математические модели инертности (массы), упругой пружины и вязкого трения. Энергия движущейся массы и деформированной пружины Математические модели резистора, конденсатора и самоиндукции. Энергии конденсатора и самоиндукции. Электромеханические аналогии.
15. Принцип наименьшего действия и уравнения Лагранжа – Максвелла.
16. Математическая модель линейного осциллятора. Фазовые портреты и параметрический портрет. Примеры.
17. Маятниковые часы Галилея – Гюйгенса. В чём их новизна. Точность хода, от чего она зависит, пути её увеличения. Часы Галилея – Гюйгенса как автоколебательная система.
18. Трение как причина возникновения неустойчивости и автоколебаний.
19. Вынужденные колебания линейного осциллятора. Амплитудно-фазовая частотная характеристика. Явления резонанса и сдвига фазы.
20. Параметрическое возбуждение и резонанс. Примеры. Отличие параметрического резонанса от обычного.
21. Стабилизация перевёрнутого маятника с помощью управления. Понятие обратной связи. Стабилизация вертикального положения и точки опоры.
22. Стабилизация курса лодки и корабля. Двухпозиционный авторулевой.
23. Автоматные модели игр и обучения. Простейшие детерминированные модели игроков и их парных игр в отгадывание. Стохастические марковские модели игроков и их игр в отгадывание. Игра стохастика с простаком.
24. Математические модели объекта, образа, распознавания образов и обучения распознаванию образов. Персептрон как динамическая система. Схема его устройства и алгоритм обучения.
25. Марковский процесс как динамическая система. Эргодичность. Примеры.
26. Марковские процессы с доходами. Управляемые марковские процессы и выбор оптимальной стратегии.

27.Управляемость динамической системы.

28.Уравнение теплопроводности и его фундаментальное решение.

29.Волновое уравнение. Начальные и граничные условия.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» или хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ОПК-1

**Задача 1.** За какое время вытечет вся вода из сферического сосуда радиуса  $R$ , если у него внизу имеется дырка с эффективным сечением  $Q$ . Записать математическую модель в форме динамической системы.

**Задача 2.** Исследовать модель сосуществования двух популяций. Определить состояния равновесия, исследовать их устойчивость. Построить фазовый портрет.

$$\begin{aligned}\dot{x} &= x - x^2 - 2xy \\ \dot{y} &= 2y - y^2 - xy\end{aligned}$$

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно» или хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

## 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Неймарк Юрий Исаакович. Математические модели в естествознании и технике : учеб. для студентов вузов, обучающихся по направлению 510200 "Прикладная математика и информатика"

и специальности 010200 "Прикладная математика и информатика" / ННГУ. - Н. Новгород : Изд-во Нижегород. ун-та, 2004. - 401 с. - ISBN 5-85746-496-X : 80.00., 156 экз.

2. Неймарк Юрий Исаакович. Динамические модели теории управления. - М. : Наука, 1985. - 400 с. : ил. - 3.80., 57 экз.

Дополнительная литература:

1. Кузнецов Юрий Алексеевич. Математические модели современного естествознания : Избранные математические модели динамики биологических систем : учеб.-метод. пособие для студентов ННГУ, обучающихся по направлению подготовки 080100 "Экономика" и специальности 080116 "Мат. методы в экономике" / Нижегородский государственный университет им. Н. И. Лобачевского. - Н. Новгород : ННГУ, 2010-. Математические модели современного естествознания . Ч. 1. - Н. Новгород, 2010. - 101 с. - 28.47., 39 экз.

2. Андронов Александр Александрович. Теория колебаний / с предисл. Л. И. Мандельштама. - 2-е изд. - М. : Наука, 1981. - 568 с. : ил. - 2.60., 274 экз.

3. Неймарк Юрий Исаакович. Динамические системы и управляемые процессы. - М. : Наука, 1978. - 336 с. : ил. - 1.50., 40 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Лаптева Татьяна , кандидат физико-математических наук, доцент  
Губина Елена Васильевна, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Осипов Григорий Владимирович, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 13.12.2023, протокол № 3.